

Konya ve Karaman'daki Yabani Bitkilerden Faydalı Rizobakterilerin İzole Edilmesi ve Bazı Etki Mekanizmalarının Belirlenmesi

Osman YENER^{1*} Ahmet EŞİTKEN²

¹ Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü, KONYA, TÜRKİYE

² Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, KONYA, TÜRKİYE

*** Sorumlu Yazar**

osmynr@hotmail.com

Yayın Bilgisi:

Geliş tarihi: 06.07.2022

Kabul Tarihi: 22.08.2022

Anahtar kelimeler: ACC deaminaz,
Azot Fiksetme, BBAR, Fosfor Çözme,
Rizobakteri

Keywords: ACC deaminase,
Nitrogen Fixation, PGPR,
Phosphorus Removal, Rhizobacteria

Özet

Bu çalışma 2020 yılında Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Bitki Sağlığı laboratuvarında yürütülmüştür. Çalışmada Konya ve Karaman illerinin muhtelif yörelerinde kültüre alınmamış tamamen doğal şartlarda yetişen ve özellikle de toprak yapısı değişik stres kaynaklı olan (kuraklık, tuz, kireç vb) yörelerdeki farklı bitkilerin kök bölgesinden alınan topraklardaki rizobakterilerin izolasyonu, patojenite testleri, tanımlanması, ACC deaminaz etkinliği, azot fiksetme, fosforu çözme, potasyumu çözme ve kalsiyumu kullanma özellikleri belirlenmiştir. 29 bitkinin rizosfer bölgesinden alınan toprak örneklerinde toplam 110 bakteri izole edilmiştir. Bakterilerin tamamı potajenite bakımından negatif sonuç vermiştir. ACC deaminaz aktivitesi yönünden 35 bakteri straini kuvvetli pozitif, 16 strain pozitif, 59 strain ise negatif sonuç vermiştir. Azot fikse etme özelliği yönünden 48 strain kuvvetli pozitif, 42 strain pozitif, 18 strain zayıf pozitif, 2 strain ise negatif sonuç vermiştir. Fosforu çözme özelliği yönünden 4 strain kuvvetli pozitif, 21 strain pozitif, 29 strain zayıf pozitif, 56 strain ise negatif sonuç vermiştir. Potasyumu çözme özelliği yönünden 1 strain zayıf pozitif, 109 strain ise negatif sonuç vermiştir. Kalsiyumu kullanma özelliği yönünden bütün strainler negatif sonuç vermiştir. Sonuç olarak izole edilen bakterilerin potasyum çözme ve kalsiyumu kullanma özellikleri bakımından negatif sonuç verip ACC deaminaz etkinliği, azot fiksetme ve fosforu çözme özellikleri bakımından pozitif sonuç vermeleri yaşadıkları ortamda canlılıklarını devam ettirebilmek için ihtiyaç duyulan stratejilerini geliştirdikleri kanaatine varılmıştır. Buna bağlı olarak faydalı rizobakteri izolasyon çalışmalarında bu durumun dikkate alınarak uygun alanlarda çalışmanın detaylandırılmasının daha faydalı olacağı söylenebilir.

Isolation of Beneficial Rhizobacteria from Wild Plants in Konya and Karaman and Determination of Some Mechanisms of Action

Abstract

This study was carried out in the Phytosanitary laboratory of the Bahri Dağdaş International Agricultural Research Institute in 2020. In this study, grown under natural conditions in various regions of Konya and Karaman provinces, and especially in different stress induced (drought, salt, lime etc.) of different plants in soil from the root zone soil structure as rizobakteri the isolation of pathogenicity tests, identification, ACC deaminase activity, nitrogen, phosphorus solving, solving potassium and calcium handling properties were determined. A total of 110 bacteria were isolated from the soil samples taken from the rhizosphere region of 29 plants. All of the bacteria gave negative results in terms of photogenicity terms of ACC deaminase activity, 35 bacterial strain showed strong positive results, 16 strain showed positive results, and 59 strain showed negative results. In terms of nitrogen fixing properties, 48 strain were strongly positive, 42 strain were positive, 18 strain were weakly positive, and 2 strain were negative. In terms of phosphorus solubility, 4 strain were strongly positive, 21 strain were positive, 29 strain were weakly positive, and 56 strain were negative. In terms of the ability to dissolve potassium, 1 strain gave a weak positive result, and 109 strain gave a negative result. In terms of the ability to use calcium, all isolates showed a negative result. As a result, potassium and calcium handling properties of the isolated bacteria that give a negative result in terms of solving and ACC deaminase activity, nitrogen and phosphorus fiksetme solving features needed to sustain their vitality in their environment that they produce positive results in terms of the develop their strategies and led to the formation of this opinion. Accordingly, it can be said that it will be more beneficial to work and detailed in appropriate fields by taking this situation into account in the studies of beneficial rhizobacteria isolates.

Giriş

Bitkilerin kök bölgelerinde bulunan ve kökler ile pozitif ilişki halinde olan, bitkinin büyümesini olumlu yönde etkileyen ve stres etmenlerine karşı bitkiye destek olan organizmalar Bitki Büyümesini Artırıcı Rizobakteriler (BBAR) olarak isimlendirilmektedirler. BBAR'ların en dikkat çekici özelliklerinden bazıları; havanın serbest azotunu bağlayabilmesi, fosforu ve ağır metalleri çözebilmesi, bitki hormonu, siderofor ve antibiyotikler üretebilmesi, suyun alımını artırması ve etkin kullanımını sağlaması, mineral madde alımını artırması, kök ve yeşil aksamın gelişimini desteklemesi, enzim aktivitesini artırması, sistemik dayanıklılığı artırması, yer ve besin yarıışı ile hastalık etmenini baskılayabilmesi gibi etki mekanizmaları ile bitki gelişimine katkı sağlamaktadır (Okon ve Kapulnik, 1986; Djordjevic ve ark., 1987; Ferreira ve ark., 1987; Bashan ve ark., 1993; Glick, 1995; Lucy ve ark., 2004; İmriz ve ark., 2014).

Bitki büyümesini artıran rizobakteriler bitkide olumlu etki gösteren ve bitkinin büyümesi ve gelişimini teşvik eden bakteriler olarak belirlenir. Genel olarak bitkilerin rizosferindeki bakterilerin %2'si ile %5'i arasındakiler BBAR grubu üyeleridir (Antoun ve Prévost, 2005; Barriuso ve ark., 2005). Genellikle kültüre alınmamış yabani bitkilerin rizosfer bölgesinden izole edilen bakteriler bitki büyümesini artırıcı rizobakteriler olarak kabul edilmektedir (Kloepper ve ark., 1980; García ve ark., 2004). Rizobakteriler enerji ve besin kaynağı olarak bitkilerin rizosfer bölgesinden salgılanan bazı aminoasit ve şekerleri kullanabilmektedirler ve bu bölgeden sızan Karbon (C) ve Azot (N) kaynaklarından etkin bir şekilde faydalanmaktadırlar (Bhattacharyya ve Jha, 2012).

BBAR'lar tarafından da üretilen ACC deaminaz enzimi bitki tarafından üretilen etilen düzeyini dengeleyerek etilenin olumsuz etkilerini azaltmakta ve bitki büyüme ve gelişimine katkı sağlamaktadır (Glick, 1995; Glick ve ark., 1998; Safronova ve ark., 2006). Bitkilerin ürettiği ACC'nin büyük bir kısmı köklerden sızarak rizobakteriler tarafından karbon ve azot kaynağı olarak kullanılmakta (Duan ve ark., 2006) ve ACC deaminaz enzimi sayesinde parçalanmaktadır. Parçalanmış ACC, amonyak ve α -ketobütirata dönüşmektedir. Bu sayede bitki için olumsuz bir durum oluşturacak olan ACC seviyesi düşürülerek aşırı etilen oluşumu engellenebilmektedir (Glick ve ark., 1998; Grichko ve Glick, 2001; Penrose ve ark., 2001). Ayrıca Bazı BBAR ırklarının tuzluluk ve kuraklık gibi stres şartlarında SOD, POD ve CAT gibi antioksidan enzimler ürettiği de bildirilmiştir (Arora ve ark., 2012).

BBAR'ların ACC deaminaz aktivitesine ilaveten azotu fikse etme, fosforu ve potasyumu çözme, kalsiyumu kullanma gibi özellikleri bitkilerin stres faktörleri ile mücadelelerinde olumlu katkı

sağlamaktadır. Bitkiler havadaki azotu depolama gibi bir yeteneğe sahip olmadıkları için havadaki azotu doğrudan büyüme için kullanamazlar. BBAR'lar havadaki serbest azotu hem simbiyotik hem de simbiyotik olmaksızın bağlayarak bitkilere kullanışlı hale getirerek ve bitki büyüme ve gelişimine katkı sağlarlar (Riggs ve ark., 2001; Esitken ve ark., 2006). Topraktaki fosfor bitkiler tarafından H_2PO_4 - (monobasic) veya HPO_4 2- (diabasic) fosfat anyonları formunda alınmaktadır. Reaktif olan bu anyonlar Ca^{+2} , Mg^{+2} , Fe^{+3} , Mn^{+2} , Zn^{+2} , Mg^{+2} ve Al^{+3} gibi katyonlar ile çökmesi sebebi ile hareket kabiliyetleri sınırlıdır. Topraktaki inorganik durumdaki fosforun elverişliliğinde ve organik olan fosforun mineralizasyonunda, fosforun bitki kullanımına hazır hale getirilmesinde organik asitler ve fosforik asitler önemli rol oynamaktadırlar. Fosforun kullanılabilir hale getirilmesinde organik asit oluşumuna katkıda bulunan BBAR'lar büyük öneme sahip olmakla beraber bu bakterilerin biyolojik gübre olarak kullanılması ile bitkisel üretimin %10-15 arttığı bildirilmektedir (Yadav ve Dadarwal, 1997; Kumar ve Narula, 1999; Whitelaw, 1999; Ram ve ark., 2013). Potasyum, dünyada en bol bulunan elementler içerisinde olmasına rağmen bitkiler potasyumun sadece %1-2'sini kullanabilmektedir (Sparks ve Huang, 1985). Potasyumun geriye kalan kısmı diğer minerallerle bağlı olduğu için bitkiler tarafından kullanılamaz haldedir. Bu sebeple bitkilerin çoğunda potasyum noksanlığı görülmektedir (Xiao ve ark., 2017). Potasyumun serbest kalmasını sağlayan ve mineralizasyonu etkileyerek toprak verimliliğini arttıran faydalı mikroorganizmaların varlığı yapılan birçok çalışmalar sayesinde ortaya konmuştur (Parmar ve Sindhu, 2013; Meena ve ark., 2014b; Meena ve ark., 2016).

Bu bağlamda, bitki yetiştiriciliğinde hem daha az girdi ile üretim yapılabilmesini hem de abiyotik stres şartlarından bitkilerin daha az etkilenmesini sağlayacak faydalı rizobakterilerin izole edilmesi ve bunların etki mekanizmalarının belirlenmesi büyük öneme sahiptir. Konya ve Karaman çevresinde pek çok stres kaynağı barındıran olumsuz toprak şartlarının (tuz, kireç, kuraklık vb.) hakim olduğu alanlar oldukça fazla olup buralarda faydalı rizobakterin izolasyonu ile ilgili çalışmalar sınırlıdır. Bundan dolayı bu çalışmada bu alanlardaki yabani bitkilerin rizosfer bölgesinde bulunan faydalı bakterilerin izolasyonu, tanımlanması ve bazı etki mekanizmalarının ortaya konulması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Bu çalışma 2020 yılında yürütülmüştür. Bitki rizosfer toprak örnekleri, Konya ve Karaman illerinin toprak ve bitki yetiştiriciliği açısından olumsuz abiyotik şartların (tuzlu, kurak ve kireçli) hâkim olduğu bölgelerden kültüre alınmamış

tamamen doğal şartlarda yetişen 29 bitkinin köklerinin yüzey temas alanlarından alınmıştır.

Bakterilerin izolasyonu

Farklı lokasyonlardan toplanan bitkilerin rizosfer toprağından 10 g tartılarak 250 ml hacmindeki erlene konularak üzerine 90 ml steril su eklenerek 90 ml steril su eklenerek karışım 30 dk çalkalanmıştır. Daha sonra erlenlerdeki karışım steril pipetle 1 ml alınarak içerisinde 9 ml steril su bulunan tüplere konulup çalkalanmıştır. Bu tüpten tekrar 1 ml alınıp, içinde 9 ml steril su bulunan tüpe aktarılıp çalkalanmıştır. Bu seyreltme işlemi 6 kez tekrarlanmıştır. Son 3 karışımından 0.1 ml alınarak içerisinde Nutrient Agar bulunan petrilere aktararak steril cam bağıtle yayılmıştır. Ekim yapılan petrilere 26 °C'ye ayarlı inkübatöre konulmuştur. İnkübasyon sonrası petrilere gelişen farklı renk ve şekildeki bakteri kolonilerinin her birisi saflaştırılmıştır (De Freitas ve ark., 1997; Rangarajan ve ark., 2003). İzole edilen bakteriler tanımlanma, etki mekanizmalarının belirlenmesi ve ilerideki çalışmalarda kullanılmak üzere Nutrient Agar besiyerinde çoğaltılarak -80°C de %30 gliserol içeren Nutrient Broth ortamında muhafaza edilmiştir.

Tütünde aşırı duyarlılık (Hypersensitive Response=HR) testi

Bitki rizosfer toprağından izole edilip saflaştırılan bütün bakteriler patojenite testi için Nutrient Agar besiyerine ekilerek, 24-48 saat 26°C'ye ayarlı inkübatörde gelişmeye bırakılmıştır. Gelişen bakterilerden sdH₂O ile konsantrasyonu 10⁸ hücre/ml olan solüsyonlar hazırlanmıştır. Solüsyonlar 3cc'lik plastik enjektörlerle tütün (*Nicotiana tabacum L. Samsun*) yapraklarının alt kısmından damar aralarına enjekte edilmiştir. İnokule edilen bitkiler en az 8 saat ışıklı bir ortamda bekletilerek inokulasyonun yapıldığı kısımda nekroz oluşup oluşmadığı gözlenmiştir. Ölü doku oluşumu HR pozitif, oluşmaması ise HR negatif olarak değerlendirilmiştir (Klement ve Goodman, 1967; Lelliott ve Stead, 1987).

Mikroorganizmaların yağ asitleri profillerine göre tanılanması

Çalışmalarda kullanılmak üzere bitki rizosfer toprağından izole edilen ve - 80 °C'de muhafaza edilen bakteri izolatlarının yağ asit metil ester ekstraksiyonu (FAME), izolasyonu, saflaştırılması ve analizi yapılmıştır. Bilgisayar kontrollü gaz kromatografi sistemi olan Mikrobiyal Tanı Sistemi (MIDI, Inc., Newark, DE) kullanılarak kültüre alınan izolatların identifikasyonu yapılmıştır. Pozitif kontrol olarak MFD 120 *Xanthomonas compestris* pv. *phaseoli* (xcp) kullanılmıştır (Sasser, 1990).

Bakteri izolatlarının ACC deaminaz enzim aktivitesinin belirlenmesi

Bakteri izolatlarının bitkilerde zararlı etilen üretimini baskılayan 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase (ACC-deaminaz) enziminin üretilebilme yetenekleri Penrose ve Glick (2003)'in belirttiği yöntemle göre DF besiyeri kullanılarak değerlendirilmiştir. Petrilere dökülen DF besiyeri katılaştıktan sonra test edilme istenen strainlerin çizgi ekim metodu ile ekimleri yapılmıştır. Petrilere 26 °C'de 48-72 saat inkübe edilerek koloni gelişimleri gözlemlenmiştir. Gelişim gösteren strainler ACC deaminaz pozitif olarak kabul edilmiştir. Bakterilerin gelişimi Resim 1.'de verilmiştir.

Bakteri izolatlarının azot fikse etme özelliğinin belirlenmesi

Saflaştırılan bakteri izolatları NA besiyerine ekilerek 26 °C'ye ayarlı inkübatörde 24-48 saat gelişmeleri için bekletilmiştir. Gelişen bakteri kültürlerinden N-Free Solid Malate-Sucrose besiyeri üzerine çizgi ekim yapılarak petrilere 26°C'ye ayarlı inkübatörde 7 gün bekletilmiş ve 7 günün sonunda besiyerinde gözlemlenen bakteri gelişimi pozitif olarak değerlendirilmiştir (Döbereiner, 1989). Bakterilerin gelişimi Resim 1.'de verilmiştir.

Bakteri izolatlarının fosfor çözme özelliğinin belirlenmesi

Saflaştırılan bakteri izolatları NA besiyerine ekilerek 26 °C'ye ayarlı inkübatörde 24-48 saat gelişmeleri için bekletilmiştir. Gelişen bakteri kültürlerinden içinde NBRIP-BPB (National Botanical Research Institutes's Phosphate Growth Medium) sıvı besiyeri bulunan tüplere ekim yapılmıştır. Ekim yapılan tüpler 26 °C'ye ayarlı inkübatörde 14 gün bekletilmiştir. İnkübasyon sonrası besiyerinde gözlemlenen renk değişimi (sıvı besiyerinin renginin açık maviye dönmesi veya renk açılımı) pozitif sonuç olarak değerlendirilmiştir (Nautiyal, 1999). Besiyerindeki renk değişimi Resim 1.'de verilmiştir.

Bakteri izolatlarının potasyumu çözme özelliğinin belirlenmesi

Saflaştırılan bakteri izolatları NA besiyerine ekilerek 26 °C'ye ayarlı inkübatörde 24-48 saat gelişmeleri için bekletilmiştir. Gelişen bakteri kültürlerinden petri içindeki Aleksandrov besiyeri üzerine nokta ekimi yapılarak petrilere 26 °C'ye ayarlı inkübatörde 14 gün bekletilmiştir. 14 günün sonunda gelişen bakterilerin etrafında meydana gelen şeffaf zon pozitif sonuç olarak değerlendirilmiştir (Maurya ve ark., 2014).

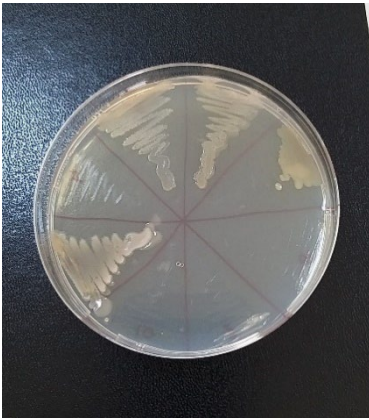
Bakteri izolatlarının kalsiyumu kullanma özelliğinin belirlenmesi

Saflaştırılan bakteri izolatları NA besiyerine ekilerek 26 °C'ye ayarlı inkübatörde 24-48 saat gelişmeleri için bekletilmiştir. Gelişen bakteri kültürlerinden petri içindeki YDC besiyeri üzerine nokta ekim yapılarak petri 26 °C'ye ayarlı inkübatörde 14 gün bekletilmiştir. 14 günün sonunda gelişen bakterilerin etrafında meydana gelen şeffaf zon pozitif sonuç olarak değerlendirilmiştir (Meena ve ark., 2014a).

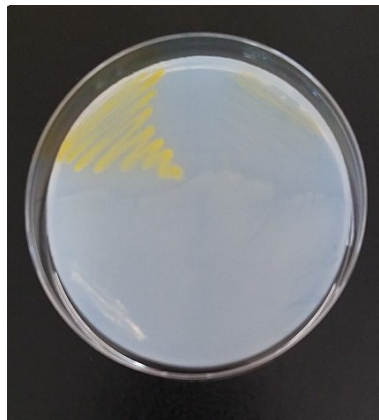
Araştırma Bulguları

Konya ve Karaman illerinde yoğun stres kaynağı barındıran alanlarda belirlenen toplam 29 bitkiden toplanan rizosfer toprak örneklerinden 110 adet bakteri izole edilmiştir. İzole edilen bakterilere yapılan patojenite testleri sonucu patojen bakteri tespit edilmemiştir. Patojen bakteri tespit edilmediği için izole edilen bütün bakterilerin tanımlanması ve etki mekanizmaları belirlenmiştir. ACC deaminaz aktivitesi yönünden 35 bakteri straini kuvvetli pozitif, 16 strain pozitif, 59 strain ise negatif sonuç

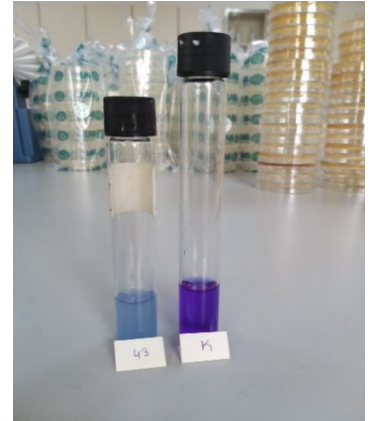
vermiştir. Azot fikse etme özelliği yönünden 48 strain kuvvetli pozitif, 42 strain pozitif, 18 strain zayıf pozitif, 2 strain ise negatif sonuç vermiştir. Fosforu çözme özelliği yönünden 4 strain kuvvetli pozitif, 21 strain pozitif, 29 strain zayıf pozitif, 56 strain ise negatif sonuç vermiştir. Potasyumu çözme özelliği yönünden 1 strain zayıf pozitif, 109 strain ise negatif sonuç vermiştir. Kalsiyumu kullanma özelliği yönünden bütün strainler negatif sonuç vermiştir (Çizelge 1). Bakteri strainlerinden 50 tanesi ACC deaminaz aktivitesi ve azot fikse etme özelliğine, 20 bakteri straini ACC deaminaz aktivitesi ve fosforu çözme özelliğine, 46 bakteri straini azot fikse etme ve fosforu çözme özelliğine, 18 bakteri straini ACC deaminaz aktivitesi, azot fikse etme ve fosforu çözme özelliklerinin hepsine sahipken. 1 strain ise bu sayılan özelliklerin hepsini kuvvetli pozitif olarak sonuç vermiştir. İzole edilen bakterilerin tanımlama işlemi sonucunda *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Chryseobacterium*, *Arthrobacter*, *Herbaspirillum*, *Micrococcus*, *Sphingobacterium*, *Microbacterium*, *Pedobacter*, *Brevibacillus*, *Pantoea* ve *Cedecea* cinslerine ait oldukları tespit edilmiştir (Çizelge 1).



A



B



C

Resim 1. A. ACC deaminaz özelliğine sahip rizobakterilerin besiyerinde gelişmesi **B.** Azot fikse eden rizobakterilerin besiyerinde gelişmesi **C.** Fosforu çözen rizobakterilerin besiyerinde meydana getirdiği renk açılımı

Çizelge 1. Rizobakterilerin MIS tanı sonucu ve bazı etki mekanizmaları ile lokasyon bilgileri

Sıra No	Strain Kodu	MIS tanı sonucu	ACC	N	P	K	Ca	HR	Lokasyon
1	OY1	<i>Cedecea netira</i>	K+	+	-	-	-	-	Meke gölü
2	OY2	<i>Pseudomanas pseudoalcaligenes</i>	K+	K+	-	-	-	-	Meke gölü
3	OY3	<i>Bacillus agaradhaerens</i>	K+	K+	-	-	-	-	Meke gölü
4	OY4	<i>Pseudomanas syringae</i>	-	+	-	-	-	-	Meke gölü
5	OY5	<i>Bacillus pumilus GC subgroup B</i>	K+	K+	Z+	-	-	-	Meke gölü
6	OY6	<i>Bacillus pumilus GC subgroup B</i>	K+	K+	Z+	-	-	-	Meke gölü
7	OY7	<i>Pseudomanas fluorenses biotype B</i>	+	Z+	+	-	-	-	Karaman-Yeşildere
8	OY8	<i>Pseudomanas syringae</i>	-	K+	+	-	-	-	Karaman-Yeşildere
9	OY9	<i>Pseudomanas syringae</i>	-	+	+	-	-	-	Karaman-Yeşildere
10	OY10	<i>Chryseobacterium indologenes</i>	-	+	Z+	-	-	-	Karaman-Yeşildere
11	OY11	<i>Bacillus subtilis</i>	K+	K+	-	-	-	-	Karaman-Yeşildere
12	OY12	<i>Bacillus pumilus GC subgroup B</i>	-	K+	-	-	-	-	Ereğli-Özgürler köyü(kanal içi)
13	OY13	<i>Bacillus pumilus GC subgroup B</i>	-	K+	Z+	-	-	-	Ereğli-Özgürler köyü(kanal içi)
14	OY14	<i>Bacillus subtilis</i>	K+	+	Z+	-	-	-	Ereğli-Özgürler köyü(kanal içi)
15	OY15	<i>Bacillus subtilis</i>	K+	K+	-	-	-	-	Ereğli-Özgürler köyü(kanal içi)
16	OY16	<i>Pantoea agglomerans GC subgroup A</i>	K+	K+	+	-	-	-	Karaman-Yeşildere
17	OY17	<i>Pseudomanas putida biotype A</i>	+	+	+	-	-	-	Karaman-Yeşildere
18	OY18	<i>Pseudomanas fluorenses biotype A</i>	+	Z+	K+	-	-	-	Karaman-Yeşildere
19	OY19	<i>Herbaspirillum huttiense</i>	K+	Z+	Z+	-	-	-	Karaman-Yeşildere
20	OY20	<i>Paenibacillus validus</i>	-	Z+	-	-	-	-	Karaman-Ayrancı-Dokuzyol köyü
21	OY21	<i>Pseudomanas syringae</i>	-	+	+	-	-	-	Karaman-Ayrancı-Dokuzyol köyü
22	OY22	<i>Bacillus subtilis</i>	K+	K+	-	-	-	-	Karaman-Ayrancı-Dokuzyol köyü
23	OY23	<i>Bacillus atrophaeus</i>	K+	-	-	-	-	-	Karaman-Ayrancı-Dokuzyol köyü
24	OY24	<i>Arthrobacter ramosus</i>	+	K+	-	-	-	-	Karaman-Ayrancı-Dokuzyol köyü
25	OY25	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	K+	K+	-	-	-	-	Ereğli-Özgürler köyü
26	OY26	<i>Bacillus subtilis</i>	K+	K+	-	-	-	-	Ereğli-Özgürler köyü
27	OY27	<i>Flavobacterium johnsonia</i>	-	+	-	-	-	-	Ereğli-Özgürler köyü
28	OY28	Tanımlanamadı	-	K+	-	-	-	-	Ereğli-Özgürler köyü
29	OY29	<i>Pseudomanas cichorii</i>	-	K+	Z+	-	-	-	Ereğli-Özgürler köyü
30	OY30	<i>Pseudomanas cichorii</i>	+	Z+	-	-	-	-	Karaman-Yeşildere
31	OY31	<i>Pseudomanas putida biotype B</i>	+	Z+	Z+	-	-	-	Karaman-Yeşildere
32	OY32	<i>Bacillus subtilis</i>	K+	K+	-	-	-	-	Karaman-Ayrancı-Dokuzyol köyü
33	OY33	<i>Pseudomanas putida biotype B</i>	K+	+	-	-	-	-	Karaman-Ayrancı-Dokuzyol köyü
34	OY34	<i>Pseudomanas putida biotype B</i>	K+	+	-	-	-	-	Karaman-Ayrancı-Dokuzyol köyü
35	OY35	<i>Herbaspirillum huttiense</i>	-	+	-	-	-	-	Ereğli-Özgürler köyü(tuzlu)
36	OY36	<i>Pseudomanas fluorenses biotype A</i>	-	K+	Z+	-	-	-	Ereğli-Özgürler köyü(tuzlu)
37	OY37	<i>Micrococcus luteus GC subgroup B</i>	-	K+	-	-	-	-	Ereğli-Özgürler köyü(tuzlu)
38	OY38	<i>Sphingobacterium spiritivorum GC subgroup B</i>	-	+	Z+	-	-	-	Ereğli-Özgürler köyü(tuzlu)
39	OY39	<i>Micrococcus luteus GC subgroup B</i>	-	+	Z+	-	-	-	Ereğli-Özgürler köyü(tuzlu)

40	OY40	<i>Pseudomonas savastanoi</i>	-	Z+	+	-	-	-	Ereğli-Özgürler köyü(tuzlu)
41	OY41	<i>Pseudomonas syringae</i>	-	Z+	+	Z+	-	-	Ereğli-Özgürler köyü(tuzlu)
42	OY42	<i>Pseudomonas fluoresces biotype B</i>	-	+	-	-	-	-	Ereğli-Özgürler köyü(tuzlu)
43	OY43	<i>Pseudomonasputida biotype B</i>	+	K+	K	-	-	-	Ereğli-Çiller(tuzlu-kireçli)
44	OY44	<i>Pseudomonas pseudoalcaligenes</i>	-	K+	+	-	-	-	Ereğli-Çiller(tuzlu-kireçli)
45	OY45	<i>Bacillus subtilis</i>	-	K+	-	-	-	-	Ereğli-Çiller(tuzlu-kireçli)
46	OY46	<i>Pseudomonas fluoresces biotype A</i>	-	+	+	-	-	-	Ereğli-Çiller(tuzlu-kireçli)
47	OY47	<i>Bacillus subtilis</i>	K+	K+	Z+	-	-	-	Meke gölü(tuzlu)
48	OY48	<i>Pseudomonas putida biotype B</i>	+	Z+	-	-	-	-	Meke gölü(tuzlu)
49	OY49	<i>Brevibacillus agri</i>	K+	+	-	-	-	-	Meke gölü(tuzlu)
50	OY50	<i>Bacillus subtilis</i>	+	K+	-	-	-	-	Meke gölü(tuzlu)
51	OY51	<i>Bacillus subtilis</i>	K+	K+	-	-	-	-	Meke gölü(tuzlu)
52	OY52	<i>Bacillus pumilus GC subgroup B</i>	-	K+	+	-	-	-	Meke gölü(tuzlu)
53	OY53	<i>Pseudomonas savastanoi</i>	-	K+	-	-	-	-	Meke gölü(tuzlu)
54	OY54	<i>Pseudomonas putida biotype B</i>	-	Z+	K	-	-	-	Meke gölü(tuzlu)
55	OY55	<i>Pseudomonas fluorescens biotype A</i>	K+	K+	+	-	-	-	Meke gölü(tuzlu)
56	OY56	<i>Bacillus viscosus</i>	-	+	-	-	-	-	Karapınar-Kıtören
57	OY57	<i>Pseudomonas putida biotype B</i>	-	K+	-	-	-	-	Karapınar-Kıtören
58	OY58	<i>Bacillus megaterium</i>	K+	K+	K	-	-	-	Karapınar-Kıtören
59	OY59	<i>Herbaspirillum autotrophicum</i>	+	+	Z+	-	-	-	Karapınar-Akören
60	OY60	<i>Pseudomonas fluorescens biotype B</i>	K+	K+	+	-	-	-	Karapınar-Akören
61	OY61	<i>Bacillus cereus GC subgroup A</i>	-	+	-	-	-	-	Karapınar-Akören
62	OY62	<i>Bacillus subtilis</i>	K+	K+	-	-	-	-	Karapınar-Akören
63	OY63	<i>Bacillus subtilis</i>	K+	K+	-	-	-	-	Karapınar-Akören
64	OY64	Tanımlanamadı	-	+	+	-	-	-	Karapınar-Akören
65	OY65	<i>Chryseobacterium indoltheticum</i>	-	+	Z+	-	-	-	Karapınar-Kıtören
66	OY66	<i>Chryseobacterium indoltheticum</i>	-	Z+	+	-	-	-	Karapınar-Kıtören
67	OY67	<i>Chryseobacterium indologenes</i>	-	Z+	-	-	-	-	Karapınar-Kıtören
68	OY68	<i>Arthrobacter aurescens</i>	+	K+	Z+	-	-	-	Karapınar-Kıtören
69	OY69	<i>Chryseobacterium indoltheticum</i>	-	Z+	Z+	-	-	-	Karapınar-Kıtören
70	OY70	<i>Bacillus psychrosaccharolyticus</i>	+	+	Z+	-	-	-	Karapınar-Kıtören
71	OY71	<i>Paenibacillus polymyxa</i>	-	Z+	Z+	-	-	-	Karapınar-Kıtören
72	OY72	<i>Bacillus GC group 22</i>	-	K+	-	-	-	-	Karapınar-Kıtören
73	OY73	<i>Bacillus megaterium GC subgrup A</i>	-	+	Z+	-	-	-	Emirgazi-Eskikişla
74	OY74	<i>Pseudomonas putida biotype B</i>	+	Z+	-	-	-	-	Emirgazi-Eskikişla
75	OY75	<i>Micrococcus luteus GC subgrup B</i>	K+	K+	-	-	-	-	Emirgazi-Eskikişla
76	OY76	<i>Bacillus pumilus GC subgrup B</i>	-	+	Z+	-	-	-	Emirgazi-Eskikişla
77	OY77	<i>Chryseobacterium indologenes</i>	-	K+	Z+	-	-	-	Emirgazi-Eskikişla
78	OY78	<i>Chryseobacterium indologenes</i>	-	K+	+	-	-	-	Emirgazi-Eskikişla
79	OY79	<i>Pseudomonas fluorescens biotype A</i>	-	+	Z+	-	-	-	Emirgazi-Eskikişla
80	OY80	<i>Pseudomonas fluorescens biotype A</i>	-	+	-	-	-	-	Emirgazi-Eskikişla
81	OY81	<i>Pseudomonas syringae</i>	-	+	+	-	-	-	Emirgazi-Eskikişla
82	OY82	<i>Chryseobacterium indologenes</i>	-	+	-	-	-	-	Emirgazi-Eskikişla
83	OY83	<i>Pseudomonas putida biotype B</i>	K+	+	-	-	-	-	Emirgazi-Eskikişla
84	OY84	<i>Bacillus viscosus</i>	-	+	-	-	-	-	Emirgazi-Eğrikuyu
85	OY85	<i>Chryseobacterium indologenes</i>	-	Z+	+	-	-	-	Emirgazi-Eğrikuyu
86	OY86	<i>Pedobacter heparinus</i>	-	+	Z+	-	-	-	Emirgazi-Eğrikuyu
87	OY87	<i>Bacillus viscosus</i>	-	+	Z+	-	-	-	Emirgazi-Eskikişla
88	OY88	<i>Chryseobacterium indoltheticum</i>	-	K+	-	-	-	-	Emirgazi-Eskikişla

89	OY89	<i>Bacillus atrophaeus</i>	-	K+	-	-	-	-	Emirgazi-Eskikişla
90	OY90	<i>Bacillus subtilis</i>	-	Z+	+	-	-	-	Karapınar-Akören
91	OY91	<i>Arthrobacter oxydans</i>	-	+	Z+	-	-	-	Karapınar-Akören
92	OY92	Tanımlanamadı	-	-	-	-	-	-	Karapınar-Akören
93	OY93	<i>Chryseobacterium indoltheticum</i>	-	+	+	-	-	-	Karapınar-Kıtören
94	OY94	<i>Chryseobacterium indoltheticum</i>	-	Z+	Z+	-	-	-	Karapınar-Kıtören
95	OY95	<i>Arthrobacter aurescens</i>	-	+	-	-	-	-	Karapınar-Kıtören
96	OY96	<i>Bacillus psychrosaccharolyticus</i>	-	+	Z+	-	-	-	Karapınar-Kıtören
97	OY97	<i>Bacillus GC group 22</i>	K+	K+	Z+	-	-	-	Emirgazi-Eğrikuyu
98	OY98	<i>Bacillus subtilis</i>	K+	K+	-	-	-	-	Emirgazi-Eğrikuyu
99	OY99	<i>Arthrobacter aurescens</i>	+	K+	Z+	-	-	-	Emirgazi-Eğrikuyu
100	OY100	<i>Bacillus subtilis</i>	+	K+	+	-	-	-	Emirgazi-Eğrikuyu
101	OY101	<i>Pseudomonas putida biotype A</i>	K+	+	-	-	-	-	Emirgazi-Eğrikuyu
102	OY102	<i>Pseudomonas putida biotype B</i>	-	+	-	-	-	-	Emirgazi-Eğrikuyu
103	OY103	<i>Pseudomonas mucidolens</i>	K+	+	-	-	-	-	Emirgazi-Eğrikuyu
104	OY104	<i>Arthrobacter aurescens</i>	+	+	-	-	-	-	Emirgazi-Eğrikuyu
105	OY105	<i>Bacillus subtilis</i>	K+	K+	-	-	-	-	Emirgazi-Dölek
106	OY106	<i>Bacillus subtilis</i>	K+	K+	-	-	-	-	Emirgazi-Dölek
107	OY107	<i>Microbacterium liquefaciens</i>	-	+	-	-	-	-	Emirgazi-Dölek
108	OY108	<i>Arthrobacter oxydans</i>	-	+	-	-	-	-	Emirgazi-Dölek
109	OY109	<i>Bacillus subtilis</i>	K+	K+	-	-	-	-	Meke gölü
110	OY110	<i>Sphingobacterium spiritivorum</i>	K+	K+	-	-	-	-	Ereğli-özgürler köyü(tuzlu)

K+ : Kuvvetli pozitif sonuç, **Z+** : Zayıf pozitif sonuç, **+**: Pozitif sonuç, **-**: Negatif sonuç, **ACC**: ACC deaminaz etkinliği, **N**: Azot fikse etme özelliği, **K**: Potasyum çözme özelliği, **Ca**: Kalsiyum kullanma özelliği, **P**: Fosfor çözme özelliği, **HR**: Tütünde aşırı duyarlılık testi (Patojenite testi)

Tartışma ve Sonuç

Doğu Karadeniz Bölgesinde asit karakterdeki topraklarda yetişen çay bitkisinin rizosfer bölgesinden izole edilen, azot fiksetme ve fosfat çözme gibi özellikleri belirlenerek çay yetiştiriciliğinde biyolojik gübre olarak kullanılabilirlik faydalı bakterilerin elde edilmesi amacıyla yürütülen bir çalışmada 413 rizosfer toprak örneği 56 farklı lokasyondan toplanmış ve bu rizosfer toprak örneklerinden 460 adet bakteri izole edilmiştir. İzole edilen bakterilerin 394'ünün serbest N fikse edebildiği, 305'inin P çözebildiği, 265'inin ise hem N fiksedebildiği hem de P çözebildiği belirlenmiştir (Çakmakçı ve ark., 2012). Benzer bir çalışmada Hazar Denizinin Güney kıyılarında asit karakterli topraklardaki çay bitkilerinin rizosfer toprağında azot fiksetme ve fosfat çözme kabiliyetinde bakteri çeşitliliği araştırılmıştır. Araştırma sonucunda 4 farklı lokasyondan 167 rizosfer toprak örneği alınarak bu toprak örneklerinden 263 bakteri izole edilmiş. İzole edilen bakteriler bitki gelişmesini teşvik etme özellikleri bakımından incelenmiştir. Bu izolatlardan 216'sının azotu fikse edebildiği, 172'sinin fosforu çözebildiği ve 154'ünün ise hem serbest azot fiksedebildiği hem de fosfor çözebilme kabiliyetinde olduğu belirlenmiştir (Çakmakçı, 2015). Asidik çay topraklarında azot kullanımı ve fosfor alımının

azaldığı ve gübre etkinliğinin oldukça düştüğü (Çakmakçı ve ark., 2017) göz önünde bulundurulduğu zaman çay bitkisinin rizosfer bölgesindeki bakterilerin çoğunun serbest azotu fikse edebildiği ve fosfat çözücü özellik gösterdiği belirlenmiştir.

Güney Hindistan çay alanlarında yapılan bir başka çalışmada çay bitkisinin rizosfer bölgesinden alınan toprak örneklerinde rizobakterilerin potasyumu çözme kabiliyetlerine bakılmıştır. Çalışma sonucunda çay bitkilerinin rizosfer bölgelerinden 152 adet bakteri izole edilmiş ve bu bakterilerin 30 adetinin potasyumu çözme kabiliyetine sahip olduğu belirlenmiştir (Bagyalakshmi ve ark., 2017). Çalışmanın yapıldığı bölgelerde topraklar asidik karakterde ve düşük potasyum içeriğine sahiptir (Ma ve ark., 2005). Bu çalışmada göstermektedir ki rizobakteriler potasyumca fakir topraklarda kendisinin ve beraber yaşadığı bitkinin hayatının devam etmesi için kendilerini potasyumu çözme kabiliyeti üzerine geliştirmişlerdir.

Yabani 23 bitkinin farklı kısımlarından (rizosfer toprağı, kök, gövde, yaprak, çiçek) izole edilen 243 rizobakterinin 11 tanesi azot fikse etme

ve fosforu çözme bakımından negatif sonuç vermişken 208 rizobakteri potasyumu çözme yönünden ve 221 rizobakteri ise kalsiyumu kullanma yönünden negatif sonuç vermiştir (Yılmaz ve ark., 2020). Kaya Özdoğan (2020)'nin Azot ve fosfor bakımından fakir ama potasyumca zengin toprak yapısına sahip bölgelerdeki 26 farklı bitkinin rizosfer toprağından 70 adet rizobakteri izole etmişlerdir. Bu rizobakterilerden 56'sının azot fikse ettiği, 46'sının fosfor çözebildiği ve 26'sının ise potasyumu çözebildiği belirlenmiştir. Potasyumu çözen bakterilerin sayısının azot fikse eden ve fosfor çözen bakterilere kıyasla az olması ve ayrıca bakterilerin potasyum çözme miktarlarının düşük olması bakterilerin izole edildiği bölgelerdeki topraklarda potasyum miktarlarının yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Konya ve Karaman illerinde yapılan bu çalışmada da rizosfer toprak örneklerinin alındığı bölgeler kurak, tuzlu, kireçli ve organik madde bakımından oldukça fakir toprak yapısına sahiptir. Bu alanlar burada yaşayan bitkiler açısından olduğu kadar mikroorganizmalar için de uygun olmayan şartlara sahiptir. Bu bölgede bulunan faydalı rizobakteriler bitkilerin köklerinden salgılanan organik maddelerdeki C ve N gibi mineralleri kullansalar da hayatlarını devam ettirebilmek için ilave N kaynağı sağlama, topraktaki P gibi mineralleri etkin bir şekilde kullanabilme yeteneği geliştirmeleri gerekli görünmektedir. İzole edilen rizobakterilerin bir tanesi hariç hepsinin potasyumu çözme ve kalsiyumu kullanma özellikleri bakımından negatif olması, ACC deaminaz aktivitesi, azot fikse etme ve fosforu çözme özellikleri bakımından ise yüksek sayıda pozitif sonuç vermesi rizobakteriler hakkında şu kanaatin oluşmasına yol açmıştır. Rizobakteriler etki mekanizmalarını geliştirirken sadece bitkilerin ihtiyaçları doğrultusunda değil kendilerinin de hayatta kalabilmesi için buldukları ortamda stres etkilerini azaltmaya yönelik etki mekanizmalarını geliştirmektedirler. Azot bakımından zayıf bir toprakta yaşayan bakteriler hayatta kalabilmek için azot fikse etme özelliği geliştirmektedirler ya da ACC deaminaz özelliği geliştirerek bitki köklerinden sızan ACC yi amonyum (NH₃) ve α -ketobütrata indirgeyerek karbon ve azot kaynağı olarak kullanırken beraber yaşadığı bitkiyi stres şartlarından korumaktadırlar. Ayrıca havanın serbest azotunu tutarak kendisi için ihtiyaç olan azotu karşılamış olup dolaylı olarak da konukçusu olduğu bitkinin azot ihtiyacını karşılamış olmaktadır. Buna karşılık toprakta bol miktarda bulunan K ve Ca gibi elementleri kullanma bakımından zorluk yaşanmaması rizobakterilerin bu elementlerin alımını artırma özelliklerinin gelişmesini teşvik etmemektedir. Rizobakteriler kendi ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik özellikler geliştirirken rizosfer bölgesinde yaşadığı bitkilerin de bazı ihtiyaçlarını karşılamış olmaktadır.

Aslında rizobakterilerin öncelikli olarak bitkiler için değil kendileri için çalıştığını söylemek mümkündür. Bundan dolayı rizobakterilerden aranan özelliklere göre izolasyon yapılacak alanların belirlenmesi istenen nitelikte rizobakteri bulma ihtimalini artırma açısından çok önemlidir.

Kaynaklar

- Antoun, H. ve Prévost, D. (2005). Ecology of plant growth promoting rhizobacteria, In: PGPR: Biocontrol and biofertilization, Eds: Springer, p. 1-38.
- Arora, N. K., Tewari, S., Singh, S., Lal, N. ve Maheshwari, D. K. (2012). PGPR for protection of plant health under saline conditions, *Bacteria in agrobiology: stress management*, 239-258.
- Bagyalakshmi, B., Ponmurugan, P. ve Balamurugan, A. (2017). Potassium solubilization, plant growth promoting substances by potassium solubilizing bacteria (KSB) from southern Indian Tea plantation soil, *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, 12, 116-124.
- Barriuso, J., Pereyra, M., García, J. L., Megias, M., Manero, F. G. ve Ramos, B. (2005). Screening for putative PGPR to improve establishment of the symbiosis *Lactarius deliciosus*-*Pinus* sp, *Microbial ecology*, 50 (1), 82-89.
- Bashan, Y., Holguin, G. ve Lifshitz, R. (1993). Isolation and characterization of plant growth-promoting rhizobacteria, *Methods in plant molecular biology and biotechnology*, 331-345.
- Bhattacharyya, P. N. ve Jha, D. K. (2012). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28 (4), 1327-1350.
- Çakmakçı, D. R. (2015). Bitki gelişmesini teşvik edici bakterilerin çayda gelişme, verim, bazı kalite parametreleri ve enzim aktivitelerine etkilerinin araştırılması.
- Çakmakçı, R., Ertürk, Y., Dönmez, M. F., Mustafa, E., Kutlu, M., Sekban, R. ve Haznedar, A. (2012). Azot fikseri ve fosfat çözücü bakterilerin Muradiye 10 çay klonunda gelişme, verim ve besin alımı üzerine etkisi, *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 5 (2), 176-181.
- Çakmakçı, R., Kotan, R., Atasever, A., Mustafa, E., Türkyılmaz, K., Sekban, R. ve Haznedar, A. (2017). Çayda Besin Alımı, Gelişme, Enzim Aktivitesi ve Verimim Artırılması İçin Farklı Bitki Büyümesini Teşvik Edici Bakterilerin Birlikte Aşılmasının Etkinliği, *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26, 86-91.
- De Freitas, J., Banerjee, M. ve Germida, J. (1997). Phosphate-solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not phosphorus uptake of canola (*Brassica napus* L.), *Biology and Fertility of Soils*, 24 (4), 358-364.
- Djordjevic, M. A., Gabriel, D. W. ve Rolfe, B. G. (1987). Rhizobium-the refined parasite of legumes, *Annual Review of Phytopathology*, 25 (1), 145-168.
- Döbereiner, J. (1989). Isolation and identification of root associated diazotrophs, In: Nitrogen fixation with non-legumes, Eds: Springer, p. 103-108.
- Duan, J., Müller, K., Charles, T., Vesely, S. ve Glick, B. (2006). 1-Aminocyclopropane-1-carboxylate

- (ACC) deaminase genes in Rhizobia: Isolation, characterization and regulation, *Proceedings of the 7th International PGPR Workshop (50 pp)*. Amsterdam.
- Esitken, A., Pirlak, L., Turan, M. ve Sahin, F. (2006). Effects of floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrition of sweet cherry, *Scientia Horticulturae*, 110 (4), 324-327.
- Ferreira, M., Fernandes, M. ve Döbereiner, J. (1987). Role of *Azospirillum brasilense* nitrate reductase in nitrate assimilation by wheat plants, *Biology and Fertility of Soils*, 4 (1-2), 47-53.
- García, J. A. L., Domenech, J., Santamaría, C., Camacho, M. a., Daza, A. ve Mañero, F. J. G. (2004). Growth of forest plants (pine and holm-oak) inoculated with rhizobacteria: relationship with microbial community structure and biological activity of its rhizosphere, *Environmental and experimental botany*, 52 (3), 239-251.
- Glick, B. R. (1995). The enhancement of plant growth by free-living bacteria, *Canadian Journal of Microbiology*, 41 (2), 109-117.
- Glick, B. R., Penrose, D. M. ve Li, J. (1998). A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth-promoting bacteria, *Journal of theoretical biology*, 190 (1), 63-68.
- Grichko, V. P. ve Glick, B. R. (2001). Amelioration of flooding stress by ACC deaminase-containing plant growth-promoting bacteria, *Plant Physiology and Biochemistry*, 39 (1), 11-17.
- İmriz, G., Özdemir, F., Topal, İ., Ercan, B., Taş, M., Yakışır, E. ve Okur, O. (2014). Bitkisel üretimde bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri (PGPR)'ler ve etki mekanizmaları, *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi*, 12 (2), 1-19.
- Kaya Özdoğan, D. (2020). Ankara ili topraklarından bitki büyümesini teşvik edici bakterilerin izolasyonu, tanımlanması ve genetik çeşitliliklerinin belirlenmesi.
- Klement, Z. ve Goodman, R. (1967). The hypersensitive reaction to infection by bacterial plant pathogens, *Annual Review of Phytopathology*, 5 (1), 17-44.
- Kloepper, J., Schroth, M. ve Miller, T. (1980). Effects of rhizosphere colonization by plant growth-promoting rhizobacteria on potato plant development and yield, *Phytopathology*, 70 (11), 1078-1082.
- Kumar, V. ve Narula, N. (1999). Solubilization of inorganic phosphates and growth emergence of wheat as affected by *Azotobacter chroococcum* mutants, *Biology and Fertility of Soils*, 28 (3), 301-305.
- Lelliott, R. A. ve Stead, D. E. (1987). Methods for the diagnosis of bacterial diseases of plants, Blackwell Scientific Publications, p.
- Lucy, M., Reed, E. ve Glick, B. R. (2004). Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria, *Antonie van leeuwenhoek*, 86 (1), 1-25.
- Ma, L., Ruan, J., Yang, Y., Han, W. ve Shi, Y. (2005). Effect of magnesium nutrition on the formation and transport of free amino acids in tea plants, *Proceedings of the International Symposium on Innovation in Tea Science and Sustainable Development in Tea Industry*, 10-15.
- Maurya, B., Meena, V. S. ve Meena, O. (2014). Influence of Inceptisol and Alfisol's potassium solubilizing bacteria (KSB) isolates on release of K from waste mica, *Vegetos*, 27 (1), 181-187.
- Meena, V., Maurya, B. ve Bahadur, I. (2014a). Potassium solubilization by bacterial strain in waste mica, *Bangladesh Journal of Botany*, 43 (2), 235-237.
- Meena, V. S., Maurya, B. ve Verma, J. P. (2014b). Does a rhizospheric microorganism enhance K+ availability in agricultural soils?, *Microbiological research*, 169 (5-6), 337-347.
- Meena, V. S., Maurya, B. R., Verma, J. P. ve Meena, R. S. (2016). Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture, Springer, p.
- Nautiyal, C. S. (1999). An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms, *FEMS microbiology Letters*, 170 (1), 265-270.
- Okon, Y. ve Kapulnik, Y. (1986). Development and function of *Azospirillum*-inoculated roots, *Plant and soil*, 90 (1-3), 3-16.
- Parmar, P. ve Sindhu, S. (2013). Potassium solubilization by rhizosphere bacteria: influence of nutritional and environmental conditions, *J Microbiol Res*, 3 (1), 25-31.
- Penrose, D. M., Moffatt, B. A. ve Glick, B. R. (2001). Determination of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) to assess the effects of ACC deaminase-containing bacteria on roots of canola seedlings, *Canadian Journal of Microbiology*, 47 (1), 77-80.
- Penrose, D. M. ve Glick, B. R. (2003). Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria, *Physiologia Plantarum*, 118 (1), 10-15.
- Ram, R., Maji, C. ve Bindroo, B. (2013). Role of PGPR in different crops-an overview, *Indian Journal of Sericulture*, 52 (1), 1-13.
- Rangarajan, S., Saleena, L. M., Vasudevan, P. ve Nair, S. (2003). Biological suppression of rice diseases by *Pseudomonas* spp. under saline soil conditions, *Plant and soil*, 251 (1), 73-82.
- Riggs, P. J., Chelius, M. K., Iniguez, A. L., Kaeppler, S. M. ve Triplett, E. W. (2001). Enhanced maize productivity by inoculation with diazotrophic bacteria, *Functional Plant Biology*, 28 (9), 829-836.
- Safronova, V. I., Stepanok, V. V., Engqvist, G. L., Alekseyev, Y. V. ve Belimov, A. A. (2006). Root-associated bacteria containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase improve growth and nutrient uptake by pea genotypes cultivated in cadmium supplemented soil, *Biology and Fertility of Soils*, 42 (3), 267-272.
- Sasser, M. (1990). Identification of bacteria by gas chromatography of cellular fatty acids, MIDI technical note 101. Newark, DE: MIDI inc.
- Sparks, D. ve Huang, P. (1985). Physical chemistry of soil potassium, *Potassium in agriculture*, 201-276.
- Whitelaw, M. A. (1999). Growth promotion of plants inoculated with phosphate-solubilizing fungi, In:

- Advances in agronomy, Eds: Elsevier, p. 99-151.
- Xiao, Y., Wang, X., Chen, W. ve Huang, Q. (2017). Isolation and identification of three potassium-solubilizing bacteria from rape rhizospheric soil and their effects on ryegrass, *Geomicrobiology Journal*, 34 (10), 873-880.
- Yadav, K. ve Dadarwal, K. (1997). Phosphate solubilization and mobilization through soil microorganisms, *Biotechnological approaches in soil microorganisms for sustainable crop production*, 293-308.
- Yılmaz, S., Dönmez, M. F. ve Çoruh, İ. (2020). Farklı lokasyonlarda yabancı bitki türlerinden izole edilen bakterilerin tanısı ve azot fikse etme, fosfor, potasyum ve kalsiyum çözme özelliklerinin belirlenmesi, *Journal of Agriculture*, 3 (2), 71-90.